

AUTONÓM INTELLIGENS JÁRMŰVEK HELYZETE EURÓPÁBAN

AUTONOMOUS INTELLIGENT VEHICLES IN EUROPE

TOKODY DÁNIEL PhD-hallgató

Óbudai Egyetem Biztonságtudományi Doktori Iskola

MEZEI JÁNOS IMRE MSc-hallgató

Óbudai Egyetem Keleti Károly Gazdasági Kar

SCHUSTER GYÖRGY PhD, egyetemi docens

Óbudai Egyetem Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar

Abstract

In 2014, a future route was planned between Rotterdam and Vienna, where – in the coming years - they want to realize the first cross-Europe corridor of the cooperative, intelligent transport system. Even in everyday life, we hear about the increased use of autonomous vehicles now. We are now able to come across driverless metros from Budapest to Paris. The marketable variation of the different automated vehicles (such as buses, truck, cars) are being developed and tested. We've been witnessing the success and failure of some of the early models. According to this, the Europe-wide mobility will – with the networking of the various transportation systems and spreading of the individual and public transportation that is capable of autonomous operation - probably change the verticum of the whole society, which will create one of the essential pillars of the intelligent city.

1. Bevezetés

A 2014-es közlekedési baleseti statisztikai évkönyv adatait tekintve a közúti balesetek elsődleges okainak a járművezetők hibáit jelölik meg. Ez azt jelenti, hogy a 15 847 db balesetből 14 616 db esetében a járművezető hibájából következett be a baleset így a balesetek több mint 92%-a fakad közvetlenül emberi hibából. Az esetek kevesebb, mint 0,5%-ban a balesetek elsődleges kiváltó oka a járművek műszaki hibája (KSH, 2014).

Nincs ez másképpen a közúti járművek és a kötöttpályás járművek közötti balesetek kapcsán sem. 2014-ben közúti járművek ütközése vasúti járművel, HÉV-vel illetve villamossal 19 esetben fordult elő (KSH, 2014).

A statisztika szerinti adatok alapján a közlekedés biztonságát javíthatjuk, ha a közlekedési folyamatban a járművezetők tevékenységét támogató rendszer kialakítását célozzuk meg. Ilyen rendszerek lehetnek a vezetői asszisztens megoldások, különböző figyelem felhívó és fenntartó eszközök vagy akár az ütközés elhárító vészfékező rendszer is. Az efféle rendszerek kialakítása már régóta elkezdődött, viszont 2010-ben európai direktívába foglalták az intelligens közlekedési rendszerek kialakításnak fontosságát.

„Az intelligens közlekedési rendszerek (ITS-ek) olyan fejlett alkalmazások, amelyek célja, hogy tényleges intelligencia megtestesítése nélkül innovatív szolgáltatásokat nyújtsanak a különféle közlekedési módokhoz és a forgalom irányításhoz kapcsolódóan, valamint lehetővé tegyék a különböző felhasználók számára, hogy jobb tájékoztatást kapjanak, biztonságosan, összehangoltan és „okos” módon használhassák a közlekedési hálózatokat.”(EU, 2010:1) Ez a definíció az eltelt több mint öt évben lényeges elemeiben is válto-

zott. A kutatások alapján belátható, hogy a teljesen önvezető autók létrehozásához a mesterséges intelligencia alkalmazása sok tekintetben szükséges. Nem arról van tehát szó, hogy egy teljesen integrált együttműködő rendszert szeretnénk csak létrehozni. Egy teljesen automatizált közlekedési rendszer „élő, intelligens technoszféra” alkot majd a teljes világon a későbbiekben, amely fontos szerepet tölt be az okos városok létrehozásában is. Az intelligens rendszer lényeges eleme a közlekedés különböző részvevői közötti együttműködés megvalósítása erre született az úttörő kooperatív intelligens közlekedési rendszer koncepciója.

A szárazföldi közlekedés fejlesztése meglátásunk szerint mégsem egy irányba tart. Vagyis a közúti és kötöttpályás közlekedési rendszerek fejlesztésének nem igen van közös metszete. Illetve az egyik közlekedési ágazatban bevált jó gyakorlatok átültetése (pl.: kommunikációs protokollok, irányítási rendszerek stb.) a másik ágazatba ma nem gyakorlat. Így viszont a kooperatív működés jó esetben is csak leegyszerűsített kapcsolatot biztosító interfészekon keresztül valósulhat esetlegesen meg.

Például a járművekre jelentős veszélyforrást jelent a közút–vasút szintbeni találkozási pont. Mégsem terjed ki a kutatások nagy része a közös rendszerfejlesztésre, holott a kooperatív ITS rendszerek közlekedésbiztonsága szempontjából ez kritikus pont lehet. A tudományterületek szeparációját misem mutatja jobban, hogy a szabványok a közúti járművek illetve a közúti infrastruktúra közötti kommunikációt írják. Nem foglalják magukba a teljes közlekedési infrastruktúra vonatkozó, azaz a közlekedés más szereplőivel való kommunikáció lehetőségét. Kevés esetben ugyan érintőlegesen említik a különböző járművek közötti kommunikáció kialakításának fontosságát. Az esetleges globális célok és távlati megoldások tekintetében nagyrészt meg is teszik ezt. Viszont komplex közúti és kötöttpályás közlekedéssel kapcsolatos megoldást nem igen hoznak.

2. Az autonóm intelligens járművek helyzete Európában

A mai kutatások a robotika területén már az intelligens szenzorokkal felszerelt autonóm működésre és a környezeti változásokhoz adaptálódni képes rendszerek fejlesztésénél tart. Az autonóm intelligens járművek lényegében ilyen robotok, amelyek kialakítására számos tudományág eredményeinek felhasználására van szükség. A robotika olyan több tudományt magába foglaló diszciplína, ami az automatika legfejlettebb alkalmazási területe. Vagyis ma a járművek automatizálása, azaz robotizálása folyik igen nagy erővel (Mester, 2010).

A mai korszerű robotrendszerek, ilyenek az önvezető autók is már képesek egymás követése útján a konvojban haladásra vagy akár egy kitűzött cél önálló elérésére. A vezető nélküli autonóm járműveket három fő csoportba sorolhatjuk az UGV (Unmanned Ground Vehicles) azaz az ember nélküli szárazföldi járművek, az UMV (Unmanned Marine Vehicles) azaz az ember nélküli vízi járművek és az UAV (Unmanned Aerial Vehicles) ember nélküli légi járművek (Mester, 2010).

2.1. Autonóm földi járművek – Autonomous Unmanned Ground Vehicle

A földi járművek esetében a vizsgálatunk tárgyát az önvezető gépjárművek és az automatikus működésre képes kötöttpályás járművek alkotják. Kötöttpályás járműveknél nem csak a hagyományos értelemben vett nagyvasúti járművekre, metróra, villamosra, HÉV-re, trolibuszra kell gondolni. A Scania cég az első autópályán valódi közlekedési

szituációban közlekedő felsővezetékéről is működő paralel hibrid – elektromos és bioüzemanyaggal is – üzemeltethető kamionjait nemrégiben (2016. 06. 22) mutatta be Svédországban (Scania, 2016). A fejlesztés természetesen több éve tart már.

2.1. Önvezető autók helyzete (Self-driving cars)

Az Amerikai Egyesült Államokban immáron 5 államban jogalkotási és szabályozási intézkedéseket hoztak az automatizált járművezetéssel kapcsolatosan és további 15 államban folyamatban van a technológiát érintő jogi szabályozások meghozatala a híradások szerint.

2016. 05. 19.-én Magyarországon Günther Oettinger az Európai Unió digitális társadalomért és gazdaságért felelős biztosa elmondta, hogy a szoftver kutatás és fejlesztés tekintetében lemaradásban van Európa az USA-hoz képest. A digitális piac, a járműipar és az informatika együttműködésének erősítését kell elősegíteni az egységes digitális politikával az adatvédelem, a kiberbiztonság területén és nem utolsósorban az autonóm járművek kapcsán szükségesé váló új közlekedési szabályrendszer megalkotásával. Javaslatával az európai autonóm jármű fejlesztés és gyártás közelebb kerülhetne versenytársaihoz. A tervek szerint Zalaegerszegen az autonóm működésű járművek tesztelésére autótesztpálya épül majd (Előd, 2016).

Az Európai Unió jogalkotói (<http://eur-lex.europa.eu/>, 2016. 08. 12-ig) mindösszesen három dokumentumban említik a „self-driving cars” kifejezést. A dokumentumok keltezése mind a 2016. évre tehető. Így jól látható hol is tart az autonóm közúti járművek használatának bevezetése Európában.

2016.01.15. Az Európai Gazdasági és Szociális Bizottság véleménye „A digitalizáció hatásai a szolgáltatási iparágakra és a foglalkoztatásra az ipari szerkezetváltás keretében” című dokumentumban: „A digitális technológiák fejlődése terén az elmúlt években jelentős áttörések mentek végbe. E technológiák új és rendkívül hatékony képességei egy több és több feladat és szakma automatizálását teszik lehetővé (például önvezető autók, a dolgok internete – IoT, „Ipar 4.0”). Digitális technológiák használatával ráadásul drámaian csökkennek az ügyleti és partnerkeresési költségek, ezáltal pedig teljesen új és a növekvő forgalomhoz könnyen igazodó üzleti modellek alakíthatók ki a szolgáltatások terén (például internetes piacterek és platformok, beleértve az úgynevezett közösségi gazdaságot (Uber, Airbnb) is). Mindezek hatására egy sor gazdasági ágazatban egyre nagyobb teret nyer az üzleti modellek és folyamatok „digitalizálódása” (Greif, 2016:163).

2016. 04. 19. „Az Európai Bizottság közleménye az Európai Parlamentnek, a Tanácsnak, az Európai Gazdasági és Szociális Bizottságnak és a Régiók Bizottságának, az európai ipar digitalizálása, a digitális egységes piac előnyeinek teljes körű kiaknázása tekintetében: Az érdekelt felek szerint szükség van a digitális innovációk szabályozási keretének vizsgálatára az alábbiak további tisztázása érdekében: ... Az önmagukat vezető autókhoz vagy drónokhoz hasonló, autonóm módon viselkedő rendszerek kihívást jelentenek a biztonsággal és felelősséggel kapcsolatos jelenlegi szabályokra, amelyek alapján a végső felelősséget egy jogi személy viseli. A tárgyak internetének kiépítésével kapcsolatos jogi következmények túlmutatnak a felelősség megosztásának a digitális egységes piaci stratégiában elismert kérdésén, és e következményekkel is foglalkozni kell.” (Európai Bizottság COM/2016/0180 final, 2016:1,15).

2016. 05. 25. Az Európai Bizottság az „Online platformok és a digitális egységes piac” című munkadokumentumában: A fejlődés új irányát képviseli az online platformok folyamatos változása és fejlesztése. A kutatások élvonalát a kialakulóban lévő jövőbeli új platformokat jelentik azaz a virtuális valóság az önvezető, összekapcsolt autók, az Internet

of Things, Big Data és mesterséges intelligencia területei.” (Európai Bizottság SWD/2016/0172 final, 2016: 45).

A fenti dokumentumok alapján látható, hogy bár a jogi szabályozás nem végleges, de napirenden tartva és a kutatások eredményei alapján Európában is fontos gazdasági kérdés a járművek digitális evolúciója, amely egy új ipari forradalmat indított el a világon. A digitális, kiber – fizikai alapokon nyugvó társadalom létrehozása van folyamatban.

2.2. Intelligens járművekkel kapcsolatos kutatások az Európai Unióban

Az autonóm járművek intelligens rendszereket használnak, hogy költséghatékonyan üzemeltethetőek legyenek. A környezeti hatásuk kisebb, mint a hagyományos járműveké, hiszen a futásuk során való optimális üzemanyag felhasználáshoz gyorsítási és lassítási profilokat alkalmaznak a forgalmi viszonyokhoz illeszkedően (Urmson, 2008).

Az autonóm önvezető autók tekintetében fontos elme az aktív biztonsági rendszerek kialakítása. Erre példa a frontális jármű ütközések elkerülésére illetve kockázatok csökkentése céljából megvalósított rendszerek (Kim, 2010) (Sugimoto, 2000) (El-Shamy, 2010).

A jármű fejlesztések kapcsán további jelentős szerepet töltenek be a menetközben ember által felügyelt rendszerek. Melyek kapcsán a különféle járművezetői asszisztens rendszerek megvalósításával is foglalkoznak. De ilyen rendszer lehet a vezetői magatartáshoz adaptálódó utazási sebesség tartó rendszer ütközés előrejelzéssel is (Wang, 2013).

Több nagy volumenű európai project is folyamatban van, amelyek a kutatások élvonalát jelentik. Ilyen az AdaptIVe project, ami 2014-től 2017-ig tartó időszakban a Volkswagen Group Research által koordinált 25 millió eurós költségvetésű kutatási projekt. A kutatás célja egy magasan automatizált jármű létrehozása. Az emberi tényező figyelembevételével és felhasználásával, az intelligens járművek funkcióinak (28 db) és az alkalmazási eseteinek (65 féle) kialakításával, egy új típusú kognitív integrált struktúra létrehozását valósítják meg. A kutatás során a rendszerek komplexitásának kezelése fontos szempont (Kelsch, 2015).

Számos szervezet dolgozik az intelligens közlekedési rendszerek és az ezzel kapcsolatos technológiai megoldások kidolgozásán. Az European Communication Office rádió-spektrum menedzsmenttel foglalkozó szakértője Thomas Weber ez év tavaszán Münchenben a „Trends in Automotive Radar and Impact on System Architecture Workshop” alkalmával a következőre hívta fel a figyelmet: hogy a folyamatban lévő szabályozások arra engednek következtetni, hogy az intelligens közlekedési rendszerek által használt frekvencia sávok mind a városi vasúti rendszer mind pedig az autonóm vagy önvezető járművek számára lehetséges technológiai háttérrel biztosíthat. Illetve, hogy 2016 márciusában olyan döntést hoztak, amivel a 76–77 GHz-es frekvenciasávot megnyitották az autóiipari radarok, infrastruktúra radarok számára, amelyeket már vasúti szintbeni átjárókban vagy éppen a repülőgépek földi mozgásának segítésére is alkalmaznak (Weber, 2016).

2.3. Jármű automatizáció, az általánostól az intelligensig – közúti közlekedés

A nemzetközi SAE szervezet által megfogalmazott gép-jármű automatizálási szinteket. A 0-s szinttől az 5-ig fokozatosan jutunk el az ember által vezetett járműtől a teljesen önvezető járművekig. A LoA 0 szinten a járművezető kontrollálja a gépjárművet: fék, gáz, sebesség, irányváltás, parkolás, távolságtartás, sávváltás stb. estében. Az LoA 1 szinten már funkció specifikus automatizáció valósul meg, ami az ember által végzett járműveze-

tést segíti gépi úton ilyen pl.: alkalmazkodó sebességtartó automatika. Az LoA 2 szinten a jármű vezetéssel kapcsolatos folyamatok egy része automatizált, amelyek a vezetést tovább segítik. A LoA 3 szinten a specifikus automatizált rendszerek együttműködő üzemet tartanak fenn. Ilyen megoldás a sáv és sebességtartó rendszerek kombinációja. Az LoA 4 szinten már összetettebb vezetési funkciók kiváltására képes a jármű önmagától pl.: önálló parkolás. Az LoA 5 szint pedig a teljes jármű automatizáltságát jelenti vagyis az összes működési funkciót gépi úton valósítják meg vezető nélkül (SAE, 2014).

2.4. Automatikus vonatüzemeltetés (Automatic Train Operation) helyzete – kötőpályás közlekedés

A kötőpályás közlekedésben a járművek működésének automatizálása (Venkateswaran, 2015) során jelentős eredményeket értek el például az iteratív tanuláson alapuló önműködő vonatvezetés kapcsán (Wang, 2008). Az automatikus funkciói sorában a jármű sebességének befolyásolása (sebesség profil alkalmazása) (Dominguez, 2012), jármű indítás, megállítási és állvatartása (Zuo, 2010), járművek genetikai algoritmus alapú közlekedtetése (Chang, 1997), ütközés és utolérés védelem (Liu, 2013), szembeközlekedtetés megakadályozása technológiailag megoldott problémák. Másrészt viszont a nagyvasúti automatizáció lemaradóban van a közúti társához képest, mert feltehetően az infrastrukturális költségek és a járművek és az infrastruktúra tervezett élettartalma végett az új technológiák alkalmazása jóval több időt vesz igénybe.

A vasúti járművek átlagos tervezett élettartalma 30 év vagy 10 millió km, a jelző és biztosítóberendezések 15–50 évig, az épületek és peronok akár 100 éves tervezett időtartalon belül még használhatónak kell lenniük. A személyautók esetén igen nagy a szórás 300–000-tól akár 1 millió km-ig, teherautók esetében pedig nem ritka a 1,5–4 millió km-es futásteljesítmény a járművek élettartalmának végére (Skillingsberg, 2007; Jun, 2007; Baumgartner, 2001).

A világon körülbelül félszáz (de egyre több) automatikus metró üzemel ebből egy Magyarországon, Budapesten. Az automatikus üzem segítségével a menetrend közel 100%-os pontossággal tartatható. A járművek különböző menetjelleggel képesek a menetrendben meghatározott indulási és érkezési időket automatikusan tartani. Ha az állomáson nagyobb tömeg visszatartaná a járművet képes a késést bizonyos keretek között önmaga ledolgozni illetve a következő járművek forgalmát befolyásolni. Az ATO jelentősen növeli a járművek közlekedésének biztonságát és energiahatékonyságát. Erre a jármű az automatikus sebesség profilok használatával, a rendkívül pontos helymeghatározással és az automatikus fékezési görbe számításával képes. A jármű pozícióját az odométer, a fix balizok és pályahálózatról a futáshoz szükséges térkép segítségével határozzák meg. A járműveket CBTC (Communications-based Train Control) rendszer segítségével a biztosítóberendezés (interlocking system) utasításai alapján irányítják. A felügyeletet az ATS (Automatic Train Supervision) rendszeren keresztül a forgalmi operátorok gyakorolják, de a működés teljesen automatikus (Dominguez, 2012; Zhu, 2012).

IEC 62290-1 szabvány definiálja és határozza meg a fő fogalmait az Urban Guided Transport Management and Command/Control Systems-nek. Amely szabvány tartalmazza a kötőpályás közlekedésre vonatkozó automatizáltsági szintek meghatározását. A GoA 1 (Manual Protected Operation) nem automatizált vonatüzemben a biztonságos vágányút és vonatok egymás utáni követése garantált a rendszer által illetve a járművek részleges sebesség felügyelete már megoldott. A GoA 2 (Semi-automated Operation Mode, STO) félautomata vonatüzem esetén az előzőeken túl és a vonat sebességének, fékezésének,

gyorsításának teljes felügyeletét is ellátja a rendszer. A GoA 3 (Driverless Train Operation, DTO) vezető nélküli vonatüzem esetén többlet szolgáltatásként jelenik meg a vágányon lévő akadályokkal vagy személyekkel való ütközés elkerülésének lehetősége. GoA 4 (Unattended Train Operation, UTO) szint esetén a teljesen automatizált (fully automated operation) vonatkísérő (Train attendant) nélküli vonatüzemet valósítják meg. Ilyen üzemben működik a budapesti 4-es metró is. Ez a szint mind funkcionalitásában mind biztonságában a legfejlettebb ez idő tájt. A teljes automatizáltság azt jelenti, hogy a vonatok biztonságos közlekedése biztosított, a vonat vezetése automatikus a megadott menetrend szerint, aktív pályafelügyeleti rendszer működik a vonat elé eső tárgyakkal, emberekkel való ütközés elkerülésére. Megoldott továbbá az utasok szállításának felügyelete utasajtók automatikus zárása, biztonságos indítási feltételek garantálása. (Darai, 2013) (Oh, 2012)

Az automatizálás jelentősen javítja a vasúti szektor versenyképességét. A nagyvasúti automatizáció fejlesztése és az ETCS (European Train Control System), ERTMS (European Rail Traffic Management System), GSM-R rendszerek telepítése szektorálisan fontos lépés. Ugyanakkor elkerülhetetlen az ETCS Level 4 kialakítása, amiben a vonatok (nem csak a metró) automatikus üzemben vezető nélkül működhetnének. A kötött pályás földfelszíni közlekedés jó alternatívája lehet a közúti közlekedésnek, hiszen gondoljunk csak a személyszállítási és teherszállítás kapacitás béli különbségekre vagy az automatikus üzem nyújtotta energia megtakarítás lehetőségére. (UITP, 2012)

3. Összefoglalás és néhány következtetés

Mindent összevetve cikkünkben bemutattuk az autonóm járművek létrehozásának egyes mozzgató rugóit. Felhívtuk a figyelmet a földi közlekedés több szempontú megközelítésére és a különböző szempontok közötti kapcsolatok egységes fejlesztési irányokkal történő lefedésére. Röviden bemutattuk az autonóm intelligens járművek európai helyzetét a szabályozásokat és a kutatásokat tekintve. Közös nézőpontból vizsgáltuk az autonóm gépjárművek és az automatikus kötöttpályás közlekedésre alkalmas járművek emberi társadalmunkban betöltött szerepét. Holisztikus megközelítés alapján a fenntartható okos várost, az okos mobilitást és az autonóm járművekből kialakított rendszert egy kontextusba helyezve egy intelligens technoszféraának a létrejöttét vizionáltuk.

4. Köszönetnyilvánítás

A cikk alapjául szolgáló kutatás a „Intelligens vasúti informatikai és biztonsági rendszerek fejlesztése” című projekt keretében zajlott. Amely kutatás a Nemzeti Tehetség Program, a Nemzet Fiatal Tehetségeiért Ösztöndíj (Pályázati azonosító: NTP-NFTÖ-16-0582) által biztosított forrás felhasználásával és az Emberi Erőforrás Támogatáskezelő és az Emberi Erőforrások Minisztériuma támogatásával valósul meg.

Felhasznált irodalom

- Központi Statisztikai Hivatal (2014): Közlekedési baleseti statisztikai évkönyv. <https://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/idoszaki/baleset/baleset14.pdf> Adatok letöltve: 2016. 08. 10.
- 2010/40/EU irányelv (2010): Az intelligens közlekedési rendszereknek a közúti közlekedés területén történő kiépítésére, valamint a más közlekedési módokhoz való kapcsolódására vonatkozó keretről. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/PDF/?uri=CELEX:32010L0040&from=EN> Adatok letöltve: 2016. 08. 10.
- Mester, Gy.: Szerviz robotok, VMTT Konferencia, Novi Sad, Serbia, pp. 470-482, ISBN 978-86-88077-02-6
- Scania (2016): World's first electric road opens in Sweden. <https://www.scania.com/group/en/worlds-first-electric-road-opens-in-sweden/> Adatok letöltve: 2016. 08. 10.
- Előd F. (2016): Orbán és Varga szerint az önvezetőautó-gyártás a magyar ipar jövője, http://index.hu/gazdasag/2016/05/19/orban_es_varga_szerint_az_onvezeto_autogyartas_a_magyar_ipar_jovoje/ Adatok letöltve: 2016. 08. 12.
- Greif, W. (2016): Az Európai Gazdasági és Szociális Bizottság véleménye. A digitalizáció hatásai a szolgáltatási iparágakra és a foglalkoztatásra az ipari szerkezetváltás keretében. 2016/C013/24 Adatok letöltve: 2016. 08. 12.
- Európai Bizottság COM/2016/0180 final (2016): Communication From The Commission To The European Parliament, The Council, The European Economic And Social Committee And The Committee Of The Regions Digitising European Industry Reaping the full benefits of a Digital Single Market {SWD(2016) 110 final}, Brussels, 19.4.2016, <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1470258424676&uri=CELEX:52016DC0180> Adatok letöltve: 2016. 08. 12.
- Európai Bizottság SWD/2016/0172 final (2016): Commission staff working document, Online Platforms Accompanying the document Communication on Online Platforms and the Digital Single Market {COM(2016) 288 final}, Brussels, 25.5.2016. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1470258424676&uri=CELEX:52016SC0172> Adatok letöltve: 2016. 08. 12.
- Urmson, C. és Whittaker, W. (2008): „Self-Driving Cars and the Urban Challenge,” in IEEE Intelligent Systems, vol. 23, no. 2, pp. 66-68, doi: 10.1109/MIS.2008.34, ISSN 1541-1672
- Kim, T. és Jeong H. Y. (2010): „Crash Probability and Error Rates for Head-On Collisions Based on Stochastic Analyses,” in IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, vol. 11, no. 4, pp. 896-904, doi: 10.1109/TITS.2010.2053536, ISSN 1524-9050
- Sugimoto, M. et al. (2000), „Realization of head-on collision warning system at intersections-DSSS: driving safety support systems,” Intelligent Vehicles Symposium, 2000. IV 2000. Proceedings of the IEEE, Dearborn, MI, pp. 731-735., doi: 10.1109/IVS.2000.898436, ISBN 0-7803-6363-9
- El-Shamy, E. F. (2010): „Head-on Collisions of Two Electrostatic Solitary Waves in Electron-Positron-Ion Plasmas,” in IEEE Transactions on Plasma Science, vol. 38, no. 4, pp. 909-914, doi: 10.1109/TPS.2010.2042465, ISSN 0093-3813
- Wang, J. et al. (2013): „An Adaptive Longitudinal Driving Assistance System Based on Driver Characteristics,” in IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, vol. 14, no. 1, pp. 1-12, doi: 10.1109/TITS.2012.2205143, ISSN 1524-9050
- Kelsch, J. (2015): Human-Vehicle Integration in EU-AdaptIVe, ITS World Congress, Bordeaux, France, https://www.adaptive-ip.eu/files/adaptive/content/downloads/Deliverables%20%26%20papers/Kelsch_AdaptIVe%20SP3%202015%20-%20ITSCongress.pdf Adatok letöltve: 2016. 08. 12.
- Weber, T. (2016): ECO, Spectrum Management: Activities in CEPT (European Spectrum Regulation) for Applications in Transport and Traffic Telematics including Sensors, Trends in Automotive Radar and Impact on System Architecture Workshop, Munich, Germany
- SAE International (2014): Automated Driving Levels Of Driving Automation Are Defined In New Sae International Standard J3016. http://www.sae.org/misc/pdfs/automated_driving.pdf Adatok letöltve: 2016. 08. 25.

- Venkateswaran, K. G. et al. (2015): „Impact of Automation on the Capacity of a Mainline Railway: A Preliminary Hypothesis and Methodology,” 2015 IEEE 18th International Conference on Intelligent Transportation Systems, Las Palmas, pp. 2097-2102. doi: 10.1109/ITSC.2015.339, ISSN 2153-0009
- Wang, Y., et al., (2008): „A novel automatic train operation algorithm based on iterative learning control theory,” Service Operations and Logistics, and Informatics, 2008. IEEE/SOLI 2008. IEEE International Conference on, Beijing, pp. 1766-1770. doi: 10.1109/SOLI.2008.4682815, ISBN 978-1-4244-2012-4
- Dominguez, M. et al. (2012): „Energy Savings in Metropolitan Railway Substations Through Regenerative Energy Recovery and Optimal Design of ATO Speed Profiles,” in IEEE Transactions on Automation Science and Engineering, vol. 9, no. 3, pp. 496-504, doi: 10.1109/TASE.2012.2201148, ISSN 1545-5955
- Zuo, J. et al. (2010): „Feedback Control of Pneumatic Brake of Urban Railway Train under ATO Mode,” E-Product E-Service and E-Entertainment (ICEEE), 2010 International Conference on, Henan, pp. 1-4., doi: 10.1109/ICEEE.2010.5660567, ISBN 978-1-4244-7159-1
- Chang, C. S. és Sim, S. S. (1997): „Optimising train movements through coast control using genetic algorithms,” in IEE Proceedings – Electric Power Applications, vol. 144, no. 1, pp. 65-73, doi: 10.1049/ip-epa:19970797, ISSN 1350-2352
- Liu, J. et al. (2013): „An analysis of BeiDou Navigation Satellite System (BDS) based positioning for Train Collision Early Warning,” Intelligent Vehicles Symposium (IV), 2013 IEEE, Gold Coast, QLD, pp. 1065-1070. doi: 10.1109/IVS.2013.6629607, ISSN 1931-0587
- Skillingberg, M. és Green J. (2007): "Aluminum Applications in the rail industry." Light Metal Age-Chicago- 65.5
- Jun, H. K. és Kim, J. H.(2007): „Life cycle cost modeling for railway vehicle,” Electrical Machines and Systems. ICEMS. International Conference on, Seoul. pp. 1989-1994. ISBN 978-89-86510-07-2
- Baumgartner, J. P. (2001): Prices and costs in the railway sector, École Polytechnique Fédérale De Lausanne, Laboratoire d'Intermodalité des Transports Et de Planification
- Dominguez, M. et al. (2012): „Energy Savings in Metropolitan Railway Substations Through Regenerative Energy Recovery and Optimal Design of ATO Speed Profiles,” in IEEE Transactions on Automation Science and Engineering, vol. 9, no. 3, pp. 496-504, doi: 10.1109/TASE.2012.2201148, ISSN 1545-5955
- Zhu, L. et al. (2012): „Handoff Performance Improvements in MIMO-Enabled Communication-Based Train Control Systems,” in IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, vol. 13, no. 2, pp. 582-593., doi: 10.1109/TITS.2012.2188288, ISSN 1524-9050
- Darai, L. (2013): Metrók, metró biztonsága, oktatási vázlat, vetített képes előadás. http://www.kjit.bme.hu/images/stories/targyak/metro/automatiz_goa_5r.pdf Adatok letöltve: 2016. 10. 01.
- Oh, S. et al. (2012): „Automatic Train Protection Simulation for Radio-Based Train Control System,” 2012 International Conference on Information Science and Applications, Suwon, pp. 1-4., doi: 10.1109/ICISA.2012.6220965, ISBN 978-1-4673-1402-2
- UITP - International Association of Public Transport (2012): Metro Automation Facts, Figures And Trends, p.1., Brüsszel, http://metroautomation.org/wp-content/uploads/2012/12/Automated_metros_Atlas_General_Public_2012.pdf